

Parásitos como bioindicadores de contaminación por hidrocarburos: una herramienta eficaz para el monitoreo ambiental

Parasites as bioindicators of hydrocarbon contamination: An effective tool for environmental monitoring

Ariane Germán-Gómez^{1,2,3*}, Vania Arrese-Dávila⁴ y Sergio Gonzales⁵

- 1 Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.
- 2 Maestría en Sanidad Acuicola, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
- 3 Grupo de Investigación de Comunidades Acuáticas, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.
- 4 Pro Delphinus. Lima, Perú.
- 5 Laboratorio de Ciencias del Mar, Facultad de Ciencias y Filosofía, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.



Citar como: Germán-Gómez *et al.* (2024). «Parásitos como bioindicadores de contaminación por hidrocarburos: una herramienta eficaz para el monitoreo ambiental». *South Sustainability*, 5(2), e108. DOI: 10.21142/SS-0502-2024-e108

Artículo recibido: 5/8/2024
Revisado por pares
Artículo aceptado: 25/9/2024

Este documento formó parte de los trabajos generados en el marco del «Encuentro científico - Derrame de hidrocarburos: Soluciones desde la academia» organizado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú, 2024).



© Los autores, 2023. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

*E-mail de correspondencia:
ariannegerman@gmail.com

RESUMEN

Los parásitos son considerados bioindicadores de contaminación, dado que son organismos capaces de acumular sustancias tóxicas en sus tejidos, como los hidrocarburos. Esto les permite brindar información precisa y relevante para el monitoreo ambiental en entornos acuáticos. Las recomendaciones del estudio incluyen: 1) implementar políticas en las evaluaciones de impacto ambiental que integren el uso sistemático de parásitos en el monitoreo ambiental, 2) mejorar la capacitación técnica del personal fiscalizador, y 3) fomentar la colaboración entre instituciones académicas y gubernamentales. Estas medidas no solo mejorarán la precisión del monitoreo de hidrocarburos, sino que también surgirán como una alternativa crucial en el monitoreo preventivo y mitigador de las acciones de empresas responsables, con el fin de fortalecer la protección y gestión sostenible de los ecosistemas acuáticos en Perú.

Palabras clave: sustancias tóxicas, políticas, protección y gestión sostenibles, Perú

ABSTRACT

Parasites are considered bioindicators of pollution, because they are organisms capable of accumulating toxic substances, such as hydrocarbons, in their tissues. This means that they are able to provide precise and relevant information for environmental monitoring in aquatic environments. This study's recommendations include: 1) The implementing of policies as part of environmental impact assessments that systematically integrate the use of parasites into environmental monitoring; 2) The improving of the technical training provided to regulatory personnel; and 3) The fostering of collaboration between academic and governmental institutions. These measures will not only improve the accuracy of hydrocarbon monitoring, but also constitute a crucial alternative in the preventive and mitigative monitoring of responsible companies' actions, thereby strengthening the protection and sustainable management of aquatic ecosystems in Peru.

Keywords: Toxic substances, policies, protection and sustainable management, Peru



Introducción

Los parásitos son organismos que viven en el interior o sobre la superficie de otro organismo, conocido como hospedero; de este obtienen los nutrientes y recursos necesarios para sobrevivir, lo que causa daño al hospedero y beneficio al parásito (Rohde, 2010). Además de brindar información relevante sobre el ecosistema y sus hospederos (Rohde, 2002; Poulin, 2004), algunos parásitos podrían ser considerados bioindicadores de contaminación ambiental por sus características específicas, como su capacidad de acumulación y resistencia a contaminantes, rápida adaptación a la fuente de contaminación, abundancia y amplia distribución, facilidad de identificación, tamaño adecuado para análisis químicos, poca movilidad, larga vida, características corporales variables según su etapa de vida y actividad reproductiva (Dzikowski et al., 2003; Nachev y Sures, 2016; Biswal y Chatterjee, 2020; Sures, 2003). Esta sensibilidad ha llevado a clasificar dos tipos de parásitos bioindicadores: los de acumulación, que absorben y excretan sustancias químicas, y los de efecto, que detectan el impacto ambiental (MacKenzie, 1993; Palm, 2011; Vidal-Martínez et al., 2010).

El Perú alberga una abundante biodiversidad de parásitos marinos y continentales (Luque et al., 2016). Su diversidad y composición depende de la riqueza de especies de hospederos y del ecosistema disponible (Froese y Pauly, 2024). Sin embargo, en el Perú los parásitos no son considerados en los monitoreos ambientales que el Estado realiza ante emergencias ambientales, como la contaminación por hidrocarburos. Por lo tanto, el presente estudio busca enfatizar la importancia de considerar a los parásitos marinos como organismos clave en la evaluación de ambientes contaminados por hidrocarburos.

Enfoque y discusión

La contaminación oceánica ha aumentado considerablemente, al igual que los métodos propuestos para evaluar los ecosistemas marinos afectados (Dell'Anno et al., 2020; Hübner et al., 2009). Sin embargo, persisten problemas de costos y tiempo, mientras los ambientes marinos se deterioran sin responsabilizar a nadie. En este contexto, los parásitos se destacan como una alternativa rápida y complementaria, debido a su capacidad de absorber sustancias químicas, incluso en bajas concentraciones; esta sensibilidad facilita la detección mediante técnicas analíticas convencionales (Forbes et al., 2006). En diferentes partes del mundo, el uso de parásitos en monitoreos ambientales es una práctica recomendada para detectar la exposición a contaminantes como los hidrocarburos en ecosistemas acuáticos (tabla 1).

Por ejemplo, algunos endoparásitos (como los acantocéfalos, céstodos y tremátodos digeneos) absorben nutrientes a través de su piel, lo que los convierte en excelentes bioindicadores de elementos tóxicos. Los

céstodos pueden acumular contaminantes orgánicos (como los policlorobifenilos o PCB) en niveles más altos que sus hospederos (Oluoch-Otiego et al., 2016; Sures et al., 2017); mientras que los acantocéfalos son conocidos por acumular metales pesados en niveles superiores a los tejidos de sus hospederos (Biswal y Chatterjee, 2020; Keke et al., 2020); los tremátodos digeneos en etapas larvales y adultas, junto con los céstodos adultos, pueden ser utilizados como bioindicadores de la presencia de hidrocarburos y otros contaminantes en el medio marino (Vidal-Martínez et al., 2021). Se ha evidenciado que un aumento en los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en ecosistemas acuáticos incrementa el número de parásitos monógenos y tremátodos digeneos (Khan y Kiceniuk, 1988). Estudios previos han usado a los parásitos como indicadores ambientales, lo cual sugiere que agruparlos por sus características podrían facilitar la comprensión de sus respuestas a contaminantes, incluidos los hidrocarburos (Marcogliese, 2005; Amendola et al., 2021).

En ese contexto, los parásitos son herramientas prometedoras para el monitoreo ambiental acuático, ya que pueden mostrar cambios en las poblaciones e impacto de los contaminantes en la cadena alimenticia (Sures, 2004). Esta capacidad indirecta permite evaluar y seguir la recuperación o persistencia del contaminante en la columna de agua (Pérez-del-Olmo et al., 2022). La sola presencia de parásitos en otras especies podría ser un indicativo de contaminantes, como en el caso de la *Octalasmis* spp. en cangrejos de barro, lo que puede indicar contaminación por mercurio en su hábitat (Nur et al., 2021). Los parásitos se encuentran ampliamente distribuidos en diversos ecosistemas acuáticos (incluyendo ríos, lagos y océanos) e infestan diferentes hospederos, y ello facilita su estudio y análisis (Poulin y Morand, 2000). Además de bioacumular contaminantes, las comunidades de parásitos a través del tiempo pueden variar en su prevalencia, intensidad y abundancia de infección. Su capacidad para bioacumular contaminantes refleja con precisión la calidad ambiental y los niveles de polución, proporcionando datos cruciales para el monitoreo de ecosistemas acuáticos (Vidal-Martínez et al., 2014; 2019).

Una complicación al considerar a los parásitos como bioindicadores es la compleja relación hospedero-parásito y cómo interactúan a nivel de procesos internos y comportamiento en ambientes contaminados (Biswal y Chatterjee, 2020). Pese a ello, los parásitos son una alternativa atractiva frente a otros grupos como, por ejemplo, los bivalvos, ya que su estructura les permite detectar contaminantes biodisponibles en el ecosistema marino (Sures et al., 2017) y peces, cuyos parásitos demostraron una capacidad superior de bioacumular y bioconcentrar frente a los tejidos de su hospedero (Biswal y Chatterjee, 2020). Un ejemplo que ha confirmado su utilidad en desastres ambientales es el derrame de petróleo del Prestige en España en 2002. Este evento tuvo

un impacto significativo en las comunidades de parásitos y sus hospederos. Más de una década después, el análisis de las comunidades parasitarias del pez «boga» (*Boops boops*) sugiere que el derrame tuvo efectos a largo plazo en la sucesión de comunidades. Los datos indicaron que, aunque ha pasado una década, la recuperación ecológica de las comunidades parasitarias e ícticas aún está en proceso (Pérez-del-Olmo *et al.*, 2022).

En el Perú, el más grande desastre petrolero ocurrió en 2022, con el derrame de la refinería La Pampilla, cuya extensión abarcó más de 100 km de superficie marino-costera (OEFA, 2022). Este evento destacó la necesidad de proponer herramientas efectivas, dinámicas y económicas que permitan medir el impacto de desastres por parte del Estado o de las organizaciones particulares. Además, cuando una empresa provoca un desastre, como un derrame de hidrocarburos, debe diseñar e implementar estrategias para remediar el impacto del evento (Ponce, 2020). Tras el evento de 2022, por investigaciones de diversas entidades (Capurro *et al.*, 2022; Pulido *et al.*, 2022), se instituyó el Plan Nacional de Contingencia para la Prevención, Control y Combate de Derrames de Hidrocarburos y Otras Sustancias Nocivas en el Medio Acuático (Ministerio de

Defensa, 2024), pero este plan carece de disposiciones sobre el uso de bioindicadores para el monitoreo de hidrocarburos en los ecosistemas afectados. Asimismo, se dispone de importantes documentos de uso ambiental, tales como manuales que proporcionan metodologías para la recolección y análisis de organismos dulceacuícolas, así como protocolos para el monitoreo de la calidad del agua (Samanez-Valer *et al.*, 2014; ANA, 2016). Sin embargo, estos documentos no mencionan a ningún organismo específico como bioindicador de contaminación ni consideran a los parásitos como organismos potenciales para este propósito. Por ello, proponemos incluir a los parásitos como bioindicadores en los planes de remediación tras el derrame de la refinería La Pampilla, como una herramienta complementaria a las estrategias establecidas. Esta propuesta se basa en las ventajas que hemos descrito previamente. Del mismo modo, algunos grupos taxonómicos parasitarios que pueden responder a contaminantes, como los hidrocarburos o derivados de este, se presentan en la tabla 1. Si bien estas taxas pueden estar presentes en los ecosistemas acuáticos (Sures, 2005) y ser monitoreados cada cierto tiempo (Pérez-del-Olmo *et al.*, 2022), se sugiere comenzar a buscar posibles monitores biológicos específicos de hidrocarburos.

Tabla 1. Ejemplos de especies parásitas metazoos utilizadas como bioindicadores de contaminación por hidrocarburos.

Especie de parásito	Clasificación taxonómica	Hospedero	Ambiente	Tipo de hidrocarburo	Ubicación	Referencia
<i>Echinorhynchus gadi</i> Zoega in Müller, 1776	Acanthocephala	<i>Gadus morhua</i> Linnaeus, 1758	Marino	Petróleo crudo	Canadá	Khan y Kiceniuk (1983)
<i>Neoechinorhynchus (Neoechinorhynchus) agilis</i> (Rudolphi, 1819) Van Cleave, 1916	Acanthocephala	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> , (2007)
<i>Corynosoma</i> sp.	Acanthocephala	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> , (2007)
<i>Echinorhynchus gadi</i> Zoega in Müller, 1776	Acanthocephala	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> , (2007)
<i>Steringophorus furciger</i> (Olsson, 1868) Odhner, 1905	Trematoda (Digenea)	<i>Pseudopleuronectes americanus</i> (Walbaum, 1792)	Marino	Petróleo crudo	Canadá	Khan y Kiceniuk (1983)
<i>Aphanurus stossichii</i> (Monticelli, 1891) Looss, 1907	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Hemiurus communis</i> Odhner, 1905	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Bacciger israelensis</i> Fischthal, 1980	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Lecithocladium excisum</i> (Rudolphi, 1819) Lühe, 1901	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Derogenes varicus</i> (Müller, 1784) Looss, 1901	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Magnibursatus bartolii</i> Kostadinova, Power, Fernandez, Balbuena, Raga y Gibson, 2003	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)
<i>Arnola microcirrus</i> (Vlasenko, 1931) Yamaguti, 1958	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo <i>et al.</i> (2007)



<i>Wardula bartolii</i> Pérez-del Olmo, Gibson, Fernández, Sanisidro, Raga y Kostadinova, 2006	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Magnibursatus caudofilamentosa</i> (Reimer, 1971) Gibson y Køie, 1991	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Accacladium serpentulum</i> Odhner, 1928	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Lepocreadium album</i> (Stossich, 1890) Stossich, 1904	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Aponurus laguncula</i> Looss, 1907	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Lecithaster confusus</i> Odhner, 1905	Trematoda (Digenea)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Gyrodactylus</i> spp.	Monogenea	<i>Gadus morhua</i> Linnaeus, 1758	Marino	Hidrocarburos totales de petróleo	Canadá	Khan y Kiceniuk (1988)
<i>Diclidophora merlangi</i> (Kuhn, 1829) Krøyer, 1838	Monogenea	<i>Merlangius merlangus</i> * (Linnaeus, 1758)	Marino	Hidrocarburos totales de petróleo	Mar del Norte (latitud 56°N)	MacKenzie et al. (1995) Sue et al. (2022)
<i>Dictyocotyle coeliaca</i> Nybelin, 1941	Monogenea	<i>Raja radiata</i> Donovan, 1808	Marino	Hidrocarburos totales de petróleo	Mar del Norte (latitud 56°N)	MacKenzie et al. (1995)
<i>Dictyocotyle coeliaca</i> Nybelin, 1941	Monogenea	<i>Leucoraja naevus</i> * (Müller y Henle, 1841)	Marino	Hidrocarburos totales de petróleo	Mar del Norte (latitud 56°N)	MacKenzie et al. (1995)
<i>Gyrodactylus</i> sp.	Monogenea	<i>Hippoglossoides platessoides</i> (Fabricius, 1780)	Marino	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Canadá	Marcogliese et al., (1998)
<i>Cyclocotyla bellones</i> Otto, 1823	Monogenea	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Microcotyle erythrini</i> Van Beneden & Hesse, 1863	Monogenea	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)
<i>Oncomegas wagneri</i> (Linton, 1890) Dollfus, 1929	Cestoda	<i>Cyclosetta chittendeni</i> Bean, 1895	Marino	HAPs	México	Soler-Jiménez et al. (2020)
<i>Scolex pleuronectis</i> Müller, 1788	Cestoda	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)	Marino	Petróleo crudo	España	Pérez-del Olmo et al. (2007)

* Nombre aceptado en World Register of Marine Species (WoRMS, 2024).

Para implementar efectivamente a los parásitos como bioindicadores, se requiere capacitación por parte del Ministerio del Ambiente (Minam) junto con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) a través de talleres, seminarios y guías para una identificación rápida en el campo. Es fundamental que el Estado colabore con instituciones que dispongan de laboratorios adecuados para el análisis parasitario. Además, se necesita desarrollar una metodología estandarizada en colaboración con especialistas, involucrando a universidades y otras instituciones en los programas de monitoreo. Es crucial aprovechar estudios previos sobre las poblaciones de hospederos y parásitos para identificar especies clave y estandarizar métodos, lo cual facilitará la evaluación de zonas de difícil acceso y la detección de

áreas contaminadas. Esta información es crucial para los responsables de decisiones, ya que permite el seguimiento de la recuperación del ecosistema y la persistencia de contaminantes en el mar. Esto proporcionará la base necesaria para establecer planes de acción dirigidos a remediar y aplicar las sanciones correspondientes, adoptando un enfoque holístico sobre el ecosistema marino para comprender mejor su impacto.

Conclusiones y recomendaciones

El uso de parásitos como bioindicadores para detectar la contaminación por hidrocarburos representa una herramienta adicional y eficaz en el monitoreo ambiental. Incorporarlos en programas de vigilancia por parte del

Minam y OEFA puede mejorar la detección temprana de contaminantes y la gestión del medioambiente, para proteger así los ecosistemas acuáticos. Utilizados como herramientas de diagnóstico, permiten evaluar cómo los hidrocarburos se comportan en el ambiente y su disponibilidad para ser absorbidos por los organismos vivos.

Destacamos la efectividad de los parásitos acantocéfalos, céstodos, monogeneos y tremátodos como bioindicadores de contaminación por hidrocarburos; su uso podría ser una alternativa crucial en el monitoreo de las acciones preventivas y mitigadoras de empresas responsables. Promover el estudio de estos organismos y su implementación como bioindicadores sería fundamental, ya que pueden mejorar significativamente nuestra capacidad para monitorear y gestionar la contaminación ambiental de manera efectiva y complementaria a otras metodologías existentes.

Contribución de los autores

AGG se encargó de la concepción del proyecto, la revisión y validación de la información, y la redacción del manuscrito. VAD se encargó de la revisión y validación de la información, y la redacción del manuscrito. SG se encargó de la revisión y validación de la información, y la redacción del manuscrito.

Fuente de financiamiento

Autofinanciado.

Conflicto de interés

Los autores declaran no presentar ningún tipo de conflicto de interés.



Referencias bibliográficas

- Améndola Pimenta, M., Aguirre Macedo, M. L., Couch Puga, E. D., May Tec, A. L., Quintanilla Mena, M., Puch Hau, C. A., Rodríguez González, A., Vidal Martínez, V.M., Rodríguez Canul, R. y Pech, D. (2020).** «Vulnerabilidad de especies selectas de peces bentónicos y pelágicos expuestos a hidrocarburos de petróleo en condiciones experimentales». En M. L. Aguirre Macedo, P. Pérez Brunius y L. E. Saldaña-Ruiz (eds.), *Vulnerabilidad ecológica del Golfo de México ante derrames de gran escala* (pp. 237-253). Ensenada: Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM). Disponible en: <http://doi.org/10.5281/zenodo.4527457>
- Autoridad Nacional del Agua, ANA. (2016).** «Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos». Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- Biswal, D. y Chatterjee, S. (2020).** «Fish parasites as biological indicators: A systematic review». *Bioscience Biotechnology Research Communications*, 13(4), pp. 1743-1755. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21786/bbrc/13.4/16>
- Capurro, V. P., Martínez, J. C., Bustamante, C. A. y Carhuaz, E. O. (2022).** «Daño ambiental en el litoral marino peruano causado por el derrame de petróleo (enero 2022) en la refinería La Pampilla». *Manglar*, 19(1), pp. 67-75. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.009>
- Dell'Anno, F., Brunet, C., van Zyl, L. J., Trindade, M., Golyshin, P. N., Dell'Anno, A. y Sansone, C. (2020).** «Degradation of hydrocarbons and heavy metal reduction by marine bacteria in highly contaminated sediments». *Microorganisms*, 8(9), 1402. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/microorganisms8091402>
- Dzikowski, R., Paperna, I. y Diamant, A. (2003).** «Use of fish parasite species richness indices in analyzing anthropogenically impacted coastal marine ecosystems». *Helgoland Marine Research*, 57, pp. 220-227. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10152-003-0138-2>
- Forbes, V. E., Palmqvist, A. y Bach, L. (2006).** «The use and misuse of biomarkers in ecotoxicology». *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25, pp. 272-280. Disponible en: <https://doi.org/10.1897/05-257R.1>
- Froese, R. y Pauly, D. (Eds.). (2024).** FishBase. Disponible en: www.fishbase.org
- Hübner, R., Astin, K. B. y Herbert, R. J. (2009).** «Comparison of sediment quality guidelines (SQGs) for the assessment of metal contamination in marine and estuarine environments». *Journal of Environmental Monitoring*, 11(4), pp. 713-722. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/B818593j>
- Khan, R. A. y Kiceniuk, J. (1983).** «Effects of crude oils on the gastrointestinal parasites of two species of marine fish». *The Journal of Wildlife Diseases*, 19, pp. 253-258. Disponible en: <https://doi.org/10.7589/0090-3558-19.3.253>
- Khan, R. A. y Kiceniuk, J. (1988).** «Effect of petroleum aromatic hydrocarbons on monogeneids parasitising Atlantic cod, *Gadus morhua* L.». *The Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 41, pp. 94-100. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF01689064>
- Keke, U. N., Mgbemena, A. S., Arimoro, F. O. y Omalu, I. C. (2020).** «Biomonitoring of effects and accumulations of heavy metals insults using some helminth parasites of fish as bio-indicators in an Afrotropical stream». *Frontiers in Environmental Science*, 8, 576080. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.576080>
- Luque, J. L., Cruces, C., Chero, J., Paschoal, F., Alves, P. V., Da Silva, A. C., ... y Iannaccone, J. (2016).** «Checklist of metazoan parasites of fishes from Peru». *Neotropical Helminthology*, 10(2), pp. 301-375. Disponible en: https://docs.wixstatic.com/ugd/1fc314_5993abc726fa4356a22c9288418f3acd.pdf
- MacKenzie, K. (1993).** «Parasites as biological indicators». *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology*, 3(1), pp. 1-10. Disponible en: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=fbe68f045dbc5b2f4cbc1350a65cac3149421e73#page=3>
- MacKenzie, K., Williams, H. H., Williams, B., McVicar, A. H. y Siddall, R. (1995).** «Parasites as indicators of water quality and the potential use of helminth transmission in marine pollution studies». *Advances in Parasitology*, 35, pp. 86-245. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(08\)60070-6](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(08)60070-6)
- Marcogliese, D. J., Nagler, J. J. y Cyr, D. G. (1998).** «Effects of exposure to contaminated sediments on the parasite fauna of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*)». *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 61, pp. 88-95. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s001289900733>
- Marcogliese, D. J. (2005).** «Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health?». *International Journal for Parasitology*, 35(7). Disponible en: 705-16. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2005.01.015>
- Martínez-Gómez, C., Vethaak, A. D., Hylland, K., Burgeot, T., Köhler, A., Lyons, B. P., ... y Davies, I. M. (2010).** «A guide to toxicity assessment and monitoring effects at lower levels of biological organization following marine oil spills in European waters». *ICES Journal of Marine Science*, 67(6), 1105-1118. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq017>
- Mateo-Sagasta, J., Zadeh, S. M., Turrall, H. y Burke, J. (2017).** *Water pollution from agriculture: A global review*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ministerio de Defensa. (2024).** «Plan Nacional de Contingencia para la Prevención, Control y Combate de Derrames de Hidrocarburos y Otras Sustancias Nocivas en el Medio Acuático». Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5832913/5173697-pnc-junio-2023r.pdf?v=1707402820>
- Nachev, M. y Sures, B. (2016).** «Environmental parasitology: Parasites as accumulation bioindicators in the marine environment». *Journal of Sea Research*, 113, pp. 45-50. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seares.2015.06.005>
- Nur, I., Aris, E. A., Yusnaini, Y. y Beavis, S. (2021).** «The potential use of *Octolasmis* spp. parasites in mud crabs *Scylla* spp. as a bioindicator for mercury pollution». *Journal of Biological Diversity*, 22(9). Disponible en: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220921>
- Oluoch-Otieno, J., Oyoo-Okoth, E., Kiptoo, K. K. G., Chemoiwa, E. J., Ngugi, C. C., Simiyu, G. y Opiyo, M. A. (2016).** «PCBs in fish and their cestode parasites in Lake Victoria». *Environmental Monitoring and Assessment*, 188, 403. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5483-0>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA. (25 de enero de 2022).** «Comunicado». Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/oe/fa/noticias/577638-comunicado>
- Palm, H. W. (2011).** «Fish parasites as biological indicators in a changing world: Can we monitor environmental impact and climate change?». En H. Mehlhorn (ed.), *Progress in Parasitology* (pp. 223-250). Parasitology Research Monographs, vol. 2. Berlín: Springer. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-642-21396-0_12
- Pérez-del Olmo, A., Raga, J. A., Kostadinova, A. y Fernández, M. (2007).** «Parasite communities in *Boops boops* (L.) (Sparidae) after the Prestige oil-spill: Detectable alterations». *Marine Pollution Bulletin*, 54(3), pp. 266-276. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2006.10.003>

- Pérez-del-Olmo, A., Raga, J. A. y Kostadinova, A. (2022).** «Parasite communities in a marine fish indicate ecological recovery from the impacts of the Prestige oil-spill 12-13 years after the disaster». *Science of the Total Environment*, 847, 157354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157354>
- Poulin, R. y Morand, S. (2000).** «The diversity of parasites». *The Quarterly Review of Biology*, 75(3), pp. 277-293. Disponible en: <https://doi.org/10.1086/393500>
- Poulin, R. (2004).** «Parasite species richness in New Zealand fishes: A grossly underestimated component of biodiversity?». *Diversity and Distributions*, 10(1), pp. 31-37. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2004.00053.x>
- Ponce, S. Z. (2020).** *Responsabilidad ambiental por derrames de petróleo y la fiscalización ambiental en el sistema jurídico peruano*. [Tesis de grado en Derecho y Ciencias Políticas, Universidad Privada del Norte]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/25428>
- Pulido Capurro, V., Escobar-Mamani, F., Arana Bustamante, C. y Olivera Carhuaz, E. (2022).** «Efectos del derrame de petróleo en la Refinería la Pampilla en las costas del litoral marino, Lima (Perú)». *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), pp. 5-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2022.411>
- Rohde, K. (2002).** «Ecología y biogeografía de los parásitos marinos». *Advances in Marine Biology*, 43, pp. 1-83. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(02\)43002-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(02)43002-7)
- Rohde, K. (2010).** «Marine parasite diversity and environmental gradients». En *The biogeography of host-parasite interactions* (pp. 73-88). Oxford: Oxford University Press.
- Samanez-Valer, I., Rimarachín-Ching, V., Palma-Gonzales, C., Arana-Maestre, J., Ortega-Torres, H., Correa-Roldán, V. y Hidalgo-Del-Águila, M. (2014).** *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú* (pp. 36-55). Lima: Ministerio del Ambiente y Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/887/M%20a%20todos-de-Colecta-identificaci%20n-y-an%20lisis-de-comunidades-biol%20gicas.compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soler-Jiménez, L. C., Hernández-Núñez, E., Velázquez-Abunader, I., Centeno-Chalé, A. y Vidal-Martínez, V. (2020).** «Polycyclic aromatic hydrocarbons in the cestode *Oncomegas wagneri* parasite of Mexican flounder *Cyclopsetta chittendeni*». *Parasitology Research*, 119, pp. 903-913. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06597-z>
- Sue, H., MacKenzie, K., Ives, S. C., Pert, C. C. y Jones, C. S. (2022).** «*Diclidophora merlangi* (Kuhn, 1829) Krøyer, 1838 (Monogenea: Diclidophoridae) as an indicator of hydrocarbon pollution in the North Sea». *Marine Pollution Bulletin*, 185, p. 114268. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114268>
- Sures, B. (2003).** «Accumulation of heavy metals by intestinal helminths in fish: an overview and perspective». *Parasitology*, 126(7), pp. S53-S60. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/S003118200300372X>
- Sures, B. (2004).** «Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution». *Trends in Parasitology*, 20(4), 170-177. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.01.014>
- Sures, B. (2005).** «Effects of pollution on parasites, and use of parasites in pollution monitoring». En K. Rohe (ed.), *Marine parasitology* (pp. 421-425). Collingwood: CSIRO Publishing.
- Sures, B., Nachev, M., Selbach, C. y Marcogliese, D.J. (2017).** «Parasite responses to pollution: what we know and where we go in 'Environmental Parasitology'». *Parasitology Vectors*, 10, 65. Disponible en: <http://doi.org/10.1186/s13071-017-2001-3>
- Vidal-Martínez, V. M., Centeno-Chalé, O. A., Torres-Irineo, E., Sánchez-Ávila, J., Gold-Bouchot, G. y Aguirre-Macedo, M. L. (2014).** «The metazoan parasite communities of the shoal founder (*Syacium gunteri*) as bioindicators of chemical contamination in the southern Gulf of Mexico». *Parasites & Vectors*, 7, 541. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13071-014-0541-3>
- Vidal-Martínez, V. M., Pech, D., Sures, B., Purucker, S. T. y Poulin, R. (2010).** Can parasites really reveal environmental impact? *Trends in Parasitology*, 26(1), pp. 44-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.11.001>
- Vidal-Martínez, V. M., Velázquez-Abunader, I., Centeno-Chalé, O. A., May-Tec, A. L., Soler-Jiménez, L. C., Pech, D., Mariño-Tapia, I., Enriquez, C., Zapata-Pérez, O., Herrera-Silveira, J., Hernández-Mena, D. I., Herzka, S. Z., Ordoñez-López, U. y Aguirre-Macedo, M. (2019).** «Metazoan parasite infracommunities of the dusky founder (*Syacium papillosum*) as bioindicators of environmental conditions in the continental shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico». *Parasites & Vectors*, 12, 277. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3524-6>
- Vidal-Martínez, V.M., Ocaña, F.A., Soler-Jiménez, L. C., García-Teh, J. G., Aguirre-Macedo, M. L., May-Tec, A. L., Árcaga-Cabrera, F. y Herrera-Silveira, J. (2021).** «Functional groups of metazoan parasites of the dusky flounder (*Syacium papillosum*) as bioindicators of environmental health of the Yucatan shelf». *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108, pp. 24-29. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00128-021-03177-9>
- WoRMS Editorial Board. (2024).** World Register of Marine Species. Disponible en: <https://www.marinespecies.org>

